

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-090726

(43)Date of publication of application : 28.03.2003

(51)Int.Cl.

G01C 17/38

G01B 7/30

(21)Application number : 2002-115250

(71)Applicant : YAMAHA CORP

(22)Date of filing : 17.04.2002

(72)Inventor : SATO HIDEKI

(30)Priority

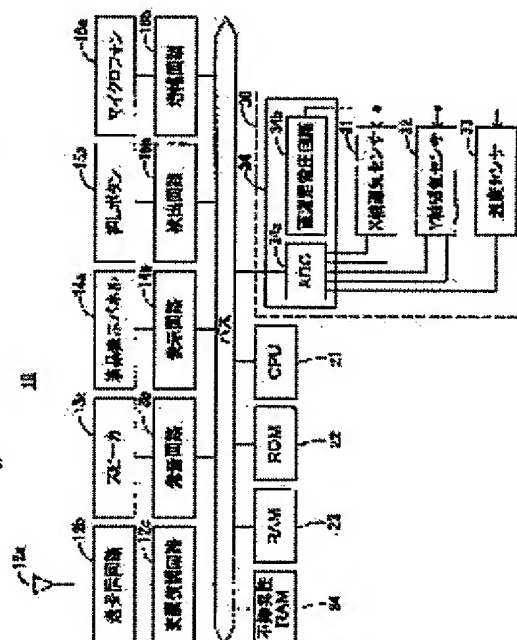
Priority number : 2001210053 Priority date : 10.07.2001 Priority country : JP

(54) PORTABLE ELECTRONIC APPARATUS WITH BEARING MEASURING FUNCTION, MAGNETIC SENSOR SUITABLE FOR THE SAME, BEARING MEASURING METHOD IN THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent reduction in accuracy in measuring bearing due to leak magnetic fields which are from permanent magnetic components and change according to temperature.

SOLUTION: A cellular phone 10 is provided with both a CPU 21 and a magnetic sensor 30 including an X-axis magnetic sensor 31, a Y-axis magnetic sensor 32, and a temperature sensor 33. The CPU 21 measures the amounts of effect caused by the magnetic fields from the permanent magnetic components included in the output Sx of the X-axis magnetic sensor and the output Sy of the Y-axis magnetic sensor at a first temperature and a second temperature, and stores them with the first and second temperatures. The CPU 21 estimates the amounts of effect included in the output Sx of the X-axis magnetic sensor and the output Sy of the Y-axis magnetic sensor at a present temperature on the basis of a temperature detected by the temperature sensor and the stored values, corrects the output Sx and the output Sy by the estimated value, and determines the bearing with the cellular phone 10 on the basis of the corrected output Sx and the corrected output Sy.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the pocket mold electronic instrument equipped with the means of communications which contains permanent magnet components as a component part, and a bearing measurement means to measure bearing using earth magnetism said bearing measurement means The magnetometric sensor which generates the output according to an external magnetic field, and the temperature sensor for detecting temperature, An amendment means to amend the output of this magnetometric sensor based on a said-presumed influenced part while presuming an influenced part by the field from said permanent magnet component contained in the output of said magnetometric sensor according to said detected temperature, The pocket mold electronic instrument characterized by providing a bearing decision means to determine bearing based on said amended output.

[Claim 2] In a pocket mold electronic instrument according to claim 1 said amendment means An influenced part by the field from said permanent magnet component contained in the output of said magnetometric sensor at the 1st temperature is measured.

引用例 1 の対応公報の並び

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-90726  
(P2003-90726A)

(43) 公開日 平成15年3月28日 (2003.3.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース (参考)
G 0 1 C 17/38		G 0 1 C 17/38	J 2 F 0 6 3
G 0 1 B 7/30	1 0 1	G 0 1 B 7/30	1 0 1 B

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2002-115250 (P2002-115250)

(22) 出願日 平成14年4月17日 (2002.4.17)

(31) 優先権主張番号 特願2001-210053 (P2001-210053)

(32) 優先日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004075  
ヤマハ株式会社  
静岡県浜松市中沢町10番1号

(72) 発明者 佐藤 秀樹  
静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(74) 代理人 100088971  
弁理士 大庭 咲夫 (外1名)

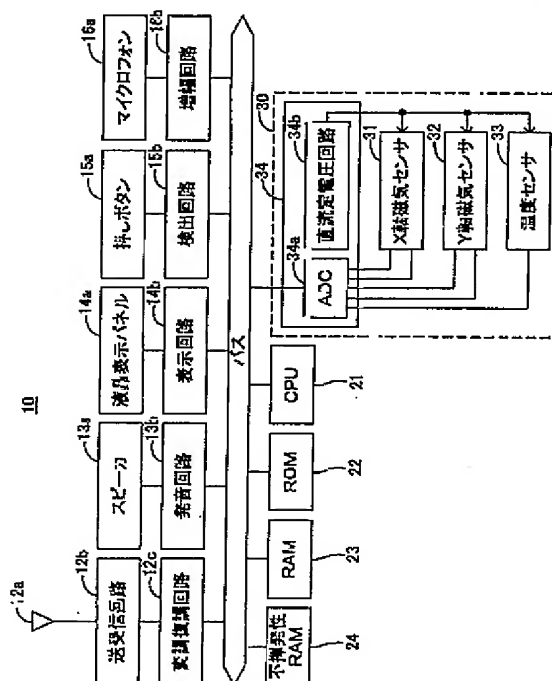
Fターム (参考) 2F063 AA37 BA30 BD15 CB01 CC05  
DA01 DA05 DA23 GA52 GA58  
NA07

(54) 【発明の名称】 方位測定機能を有する携帯型電子装置、同携帯型電子装置に好適な磁気センサ、及び同携帯型電子装置における方位測定方法

(57) 【要約】

【課題】 温度に応じて変化する永久磁石部品からの漏洩磁界によって方位測定の精度が低下することを防止する。

【解決手段】 携帯電話機10は、CPU21と、X軸磁気センサ31、Y軸磁気センサ32、及び温度センサ33を含む磁気センサ30とを備えている。CPU21は、第1の温度、及び第2の温度で、X軸磁気センサの出力S<sub>x</sub>、及びY軸磁気センサの出力S<sub>y</sub>に含まれる永久磁石部品からの磁界による影響分を測定し、同第1及び第2の温度とともに記憶する。そして、CPU21は、温度センサが検出する温度と前記記憶値とに基づいて、現在の温度でのX軸磁気センサの出力S<sub>x</sub>、及びY軸磁気センサの出力S<sub>y</sub>に含まれる前記影響分を推定し、同推定値により前記出力S<sub>x</sub>、及び前記出力S<sub>y</sub>を補正し、同補正された出力S<sub>x</sub>、及び出力S<sub>y</sub>に基づいて携帯電話機10の方位を決定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】永久磁石部品を構成部品として含む通信手段と地磁気を利用して方位を測定する方位測定手段とを備えた携帯型電子装置において、

前記方位測定手段は、

外部磁界に応じた出力を発生する磁気センサと、

温度を検出するための温度センサと、

前記検出された温度に応じ、前記磁気センサの出力に含まれる前記永久磁石部品からの磁界による影響分を推定するとともに同推定した影響分に基いて同磁気センサの出力を補正する補正手段と、

前記補正された出力に基いて方位を決定する方位決定手段とを具備したことを特徴とする携帯型電子装置。

【請求項2】請求項1に記載の携帯型電子装置において、

前記補正手段は、

第1の温度にて前記磁気センサの出力に含まれる前記永久磁石部品からの磁界による影響分を測定し、前記第1の温度と異なる第2の温度にて前記磁気センサの出力に含まれる前記永久磁石部品からの磁界による影響分を測定し、前記第1の温度での影響分と前記第2の温度での影響分と前記温度センサにより検出される現時点の温度とに基いて前記永久磁石部品からの磁界による影響分を推定するように構成された携帯型電子装置。

【請求項3】請求項2に記載の携帯型電子装置において、

前記補正手段は、

前記第1の温度における影響分の測定後に前記温度センサにより検出される温度と前記第1の温度との差が所定温度以上になったとき、前記第2の温度における影響分を取得する操作を行うことを、前記携帯型電子装置のユーザに対して促す初期化促進手段を備えてなる携帯型電子装置。

【請求項4】外部磁界の向きと大きさとに依存した値を示す磁気検出素子と、温度を検出する温度検出素子とを単一基板上に形成してなる磁気センサ。

【請求項5】請求項4に記載の磁気センサにおいて、

前記磁気センサは前記磁気検出素子を複数個含み、

前記複数の磁気検出素子の各々は磁化の向きが固定された固着層と磁化の向きが外部磁界に応じて変化する自由層とを含み、同固着層の磁化の向きと同自由層の向きがなす角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子であり、

前記磁気抵抗効果素子のうちの少なくとも二つの素子の固着層の磁化の向きが互いに交差する向きとなるように形成された磁気センサ。

【請求項6】請求項4又は請求項5に記載の磁気センサにおいて、

前記磁気センサは前記基板と同一の基板上にデジタル処理回路を含んでなる磁気センサ。

【請求項7】本体と、永久磁石部品を構成部品として含む通信手段と、外部磁界に応じた値を出力する磁気センサと、前記本体の前面に形成され操作信号を入力するための操作信号入力手段とを有する携帯型電子装置の方位測定方法であって、

前記携帯型電子装置の前面を上方に向けた状態で前記操作信号が入力されたときに前記磁気センサの出力を第1の値として測定するステップと、

前記第1の値を測定した後に前記携帯型電子装置の前面を上方に向けて同携帯型電子装置を180°回転し、同携帯型電子装置が180°回転された状態で前記操作信号が入力されたときに前記磁気センサの出力を第2の値として測定するステップと、

前記第1の値と前記第2の値とに基いて前記永久磁石部品からの磁界による前記磁気センサの出力への影響分を推定するステップと、

前記推定した影響分に基いて前記磁気センサの出力を補正するステップと、

前記補正した磁気センサの出力に基いて方位を決定するステップとを含んでなる方位測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石部品を構成部品として含む通信手段と地磁気を利用して方位を測定する方位測定手段とを備えた携帯型電子装置、同携帯型電子装置に好適な磁気センサ、及び同携帯型電子装置における方位測定方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、方位測定のために地磁気を検出する磁気センサが知られている。また、近年においては、スピーカ、マイクロフォン、送受信回路、及び表示装置等からなる通信手段を有する携帯電話機に代表される携帯型電子装置に上記地磁気を検出する磁気センサを搭載することで方位測定を可能とし、これにより同携帯型電子装置に経路誘導機能（ナビゲーション機能）を具備せしめることが検討されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、スピーカ、マイクロフォン、及び表示装置等の通信手段は、一般に永久磁石部品を含んでいて、上記磁気センサは地磁気とこれらの永久磁石部品により形成される磁界との合成磁界に応じた出力を発生する。このため、磁気センサの出力そのものに基いて決定した方位は正確でないという問題がある。また、永久磁石部品からの磁界は同永久磁石部品の温度に依存して変化するため、ある温度で検出された永久磁石部品からの磁界による磁気センサ出力への影響分のみに基いて同磁気センサ出力を補正し、この補正後の出力で方位を決定するように構成すると、永久磁石部品の温度が変化した場合、前記決定した方位は正確でないという問題がある。

【0004】従って、本発明の目的は、永久磁石部品の温度が変化した場合であっても、方位を精度良く測定し得る携帯型電子装置、及び同携帯型電子装置に好適な磁気センサを提供することにある。また、本発明の他の目的は、携帯型電子装置が有する永久磁石部品からの磁界による磁気センサへの影響分を簡単な操作により推定し、以って精度良く方位を測定し得る方位測定方法を提供することにある。

【0005】

【本発明の概要】上記目的を達成するための本発明の特徴の一つは、永久磁石部品を構成部品として含む通信手段と地磁気を利用して方位を測定する方位測定手段とを備えた携帯型電子装置において、前記方位測定手段は、外部磁界に応じた出力を発生する磁気センサと、温度を検出するための温度センサと、前記検出された温度に応じ、前記磁気センサの出力に含まれる前記永久磁石部品からの磁界による影響分を推定するとともに同推定した影響分に基いて同磁気センサの出力を補正する補正手段と、前記補正された出力に基いて方位を決定する方位決定手段とを具備したことにある。この場合、前記検出される温度は、前記永久磁石部品の温度に応じた温度である。また、温度を検出することには、同温度を推定することも含む。

【0006】これによれば、前記磁気センサの出力に含まれる前記永久磁石部品からの磁界による影響分が前記検出された温度に応じて推定され、この推定された影響分に基いて同磁気センサの出力が補正されるとともに、補正された磁気センサの出力に基いて方位が決定される。従って、永久磁石部品の温度が変化し、磁気センサの出力に含まれる同永久磁石部品からの磁界による影響分が変動した場合であっても、方位が精度良く測定（決定）され得る。

【0007】ところで、前記磁気センサの出力に含まれる前記永久磁石部品からの磁界による影響分は、例えば、携帯型電子装置を机上に置き、その時点の磁気センサの出力を第1の値として測定するとともに、同携帯型電子装置を同机上で180°回転させ、その状態で同磁気センサの出力を第2の値として測定し、これら第1の値と第2の値の和を2で除する（第1の値と第2の値の平均値を求める）ことにより推定され得る。しかしながら、このような推定を行おうとすると、携帯型電子装置を机上で180°回転させるなどの操作を同携帯型電子装置のユーザに行わせる必要がある。かかる操作はユーザにとって煩雑であるから、同操作の回数は必要最小限であることが望ましい。

【0008】そのため、前記補正手段は、第1の温度にて前記磁気センサの出力に含まれる前記永久磁石部品からの磁界による影響分を測定し、前記第1の温度と異なる第2の温度にて前記磁気センサの出力に含まれる前記永久磁石部品からの磁界による影響分を測定し、前記第

1の温度での影響分と前記第2の温度での影響分と前記温度センサにより検出される現時点の温度とに基いて前記永久磁石部品からの磁界による影響分を推定するように構成されることが好適である。

【0009】これによれば、第1の温度における永久磁石部品からの磁界による影響分と第2の温度における永久磁石部品からの磁界による影響分とを測定することで、他の温度における影響分が推定されるから、ユーザに要求する影響分推定のための操作回数を少なくしながら、精度良く方位を測定することが可能となる。なお、実験によれば、携帯型電子装置の永久磁石部品からの磁界は同永久磁石部品の温度に対して略比例的に変化するから、第1の温度での影響分と第2の温度での影響分とを温度に関して直線補間することにより、現時点（現在）の温度における影響分を簡単に推定することができる。

【0010】一方、永久磁石部品からの磁界による影響分の測定には必ず測定誤差が含まれる。従って、第1の温度における永久磁石部品からの磁界による影響分と第2の温度における永久磁石部品からの磁界による影響分とに基いて他の温度における永久磁石部品からの磁界による影響分を推定する場合、前記第1の温度と前記第2の温度の差が過小であると、各温度における影響分の測定誤差が他の温度における影響分の推定精度を著しく悪化させる恐れがある。

【0011】そこで、前記補正手段は、前記第1の温度における影響分の測定後に前記温度センサにより検出される温度と前記第1の温度との差が所定温度以上になったとき、前記第2の温度における影響分を取得する操作を行うことを、前記携帯型電子装置のユーザに対して促す初期化促進手段を備えることが好適である。この初期化促進手段は、例えば、携帯型電子装置が備える表示装置にその旨のメッセージを表示する手段であってもよく、同携帯型電子装置が備える発音手段からその旨のメッセージを発音させる手段であってもよい。

【0012】これによれば、前記第1の温度における影響分を測定した後、前記温度センサ（温度検出手段）により検出される温度と前記第1の温度との差が所定温度以上になったとき、前記第2の温度における影響分を測定することになるので、これらの影響分の測定に含まれる測定誤差が他の温度における影響分の推定精度を大きく悪化させることを回避することができる。また、ユーザは、如何なるときに第2の温度における影響分を測定すればよいかを知ることができるので、不必要な初期化操作の実施を回避することができる。

【0013】本発明は、また、外部磁界の向きと大きさに依存した値を示す磁気検出素子と、温度を検出する温度検出素子とを単一基板上に形成してなる磁気センサを提供する。

【0014】これによれば、小型且つ安価であり、永久

磁石部品からの磁界による方位測定への影響を同永久磁石部品の温度に関して補償することが可能で、特に永久磁石部品を構成部品として備える携帯型電子装置等に好適な磁気センサが提供される。

【0015】また、このような磁気センサは、前記磁気検出素子を複数個含み、前記複数の磁気検出素子の各々は磁化の向きが固定された固着層と磁化の向きが外部磁界に応じて変化する自由層とを含み、同固着層の磁化の向きと同自由層の向きがなす角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子であり、前記磁気抵抗効果素子のうちの少なくとも二つの素子の固着層の磁化の向きが互いに交差する向きとなるように形成されることが好適である。

【0016】これによれば、感度が良好な巨大磁気抵抗効果素子(GMR素子)又は磁気トンネル効果素子(TMR素子)を使用し、方位を精度良く測定することが可能な磁気センサが提供され得る。

【0017】さらに、前記磁気センサは前記基板と同一の基板上にデジタル処理回路を含むことが好適である。

【0018】これによれば、一層小型であって、信号をデジタル信号形式で取り扱う携帯型電子装置に好適な磁気センサが提供され得る。

【0019】また、本発明によれば、本体と、永久磁石部品を構成部品として含む通信手段と、外部磁界に応じた値を出力する磁気センサと、前記本体の前面に形成され操作信号を入力するための操作信号入力手段とを有する携帯型電子装置の方位測定方法であって、前記携帯型電子装置の前面を上方に向けた状態で前記操作信号が入力されたときに前記磁気センサの出力を第1の値として測定するステップと、前記第1の値を測定した後に前記携帯型電子装置の前面を上方に向けて同携帯型電子装置を180°回転し、同携帯型電子装置が180°回転された状態で前記操作信号が入力されたときに前記磁気センサの出力を第2の値として測定するステップと、前記第1の値と前記第2の値とに基づいて前記永久磁石部品からの磁界による前記磁気センサの出力への影響分を推定するステップと、前記推定した影響分に基づいて前記磁気センサの出力を補正するステップと、前記補正した磁気センサの出力に基づいて方位を決定するステップとを含んでなる方位決定方法が提供される。

【0020】携帯型電子装置を180°回転する前後においては、地磁気が磁気センサに対し同一の大きさで反対の方向となって加わるので、同携帯型電子装置を180°回転する前後における磁気センサの各出力の和は、地磁気に無関係であって、永久磁石部品からの磁界による同磁気センサの出力に含まれる影響分に応じた値となる。従って、この和に基づけば、前記永久磁石部品からの磁界の影響分を簡単に精度良く推定することができる。この結果、上記構成のように方位を決定すれば、簡単な方法で精度良く方位を測定することができる。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明による携帯型電子装置の一実施形態について図面を参照しながら説明する。図1の概略正面図に示したように、この携帯型電子装置としての携帯電話機10は、正面視で互いに直交するX軸、及びY軸に沿って延びる辺を有する略長方形の本体11と、この本体11の上部側面に配置されたアンテナ部12、本体11の前面側最上部に配置されたスピーカ部13、スピーカ部13の下方で本体11の前面側に配置され文字及び図形を表示するための液晶表示部14、液晶表示部14の下方で本体11の前面側に配置され電話番号又はその他の指示信号を入力するための操作部(操作信号入力手段)15、及び本体11の前面側最下部に配置されたマイクロフォン部16を含んでいる。これらアンテナ部12、スピーカ部13、液晶表示部14、操作部15、及びマイクロフォン部16の一部又は全部は、永久磁石部品をその構成部品として含んでなる通信手段を構成している。

【0022】図2は、この携帯電話機10の電気回路の概略を示すブロック図であり、同携帯電話機10は、バスを介して互いに接続されたCPU21、ROM22、RAM23、及び不揮発性のRAM24を備えている。CPU21は、ROM22に格納された各種のプログラムを実行するようになっている。RAM23は、CPU21が前記プログラムを実行する際に必要なデータ等を一時的に記憶するようになっている。不揮発性RAM24は、携帯電話機10の主電源が投入されているとき(主電源の「オン」時)にCPU21からの指示によりデータが書込まれ、同主電源の「オフ」時においても書込まれたデータを記憶・保持し、更に主電源の「オン」時にCPU21の要求にしたがって同CPU21に対し前記記憶・保持しているデータを供給するようになっている。なお、不揮発性RAM24は、EEPROMで置換することもできる。

【0023】前記アンテナ部12は、送受信用のアンテナ12aと、アンテナ12aに接続された送受信回路12bと、送受信回路12bに接続され同送受信回路12bが受信した受信信号を復調するとともに、発信すべき信号を変調して同送受信回路12bに供給する変調・復調回路12cとを備えている。前記スピーカ部13は、永久磁石部品を含むスピーカ13aと、スピーカ13aに接続され同スピーカ13aから所定の音を発生させるための信号を生成する発音回路13bとを備えている。液晶表示部14は、携帯電話機10の本体11の前面に配置された液晶表示パネル14aと、液晶表示パネル14aと接続され同液晶表示パネル14aに所定の表示をさせるための信号を生成する表示回路14bとを備えている。操作部15は、複数の押しボタン15aと、この複数の押しボタン15aと接続され同押しボタン15aの各々のオン・オフ状態を検出する検出回路15bとを

備えている。マイクロフォン部16は、マイクロフォン16aと、マイクロフォン16aに接続され同マイクロフォン16aを介して入力された音声を増幅する増幅回路16bとを備えている。このうち、変調・復調回路12c、発音回路13b、表示回路14b、検出回路15b、及び増幅回路16bは、バスを介してCPU21に接続されており、同CPU21により制御されるようになっている。

【0024】更に、携帯電話機10は、外部磁界の向きと大きさに応じて出力を発生する（出力値を示す）磁気センサ30を備えている。磁気センサ30は、X軸磁気センサ（X軸磁気検出素子）31、Y軸磁気センサ（Y軸磁気検出素子）32、温度センサ（温度検出手段、温度検出素子）33、及び制御回路（デジタル処理回路）34を備えている。これらのX軸磁気センサ31、Y軸磁気センサ32、温度センサ33、及び制御回路34は、磁気センサ30の平面図である図3に示したように、複数のパッド35…35とともに、略正方形をなす単一基板（単一チップ）上に形成されている。また、磁気センサ30は、図1に示したように、携帯電話機10の液晶表示パネル14aの作る平面（本体11の前面）と略平行となるように、同携帯電話機10の内部に保持されている。

【0025】再び図2を参照すると、制御回路34は、X軸磁気センサ31、Y軸磁気センサ32、及び温度センサ33の出力を処理してデジタル値を出力する機能を有し、ADコンバータ34aと、直流定電圧回路（定電圧源）34bとを含んでいる。ADコンバータ34aは、バスを介してCPU21に接続されるとともに、X軸磁気センサ31、Y軸磁気センサ32、及び温度センサ33に接続されており、各センサ31～33の出力をAD変換し、同AD変換後のデジタルデータをCPU21に供給するようになっている。直流定電圧回路34bは、X軸磁気センサ31、Y軸磁気センサ32、及び温度センサ33と接続されており、各センサ31～33に一定の電圧を印加するようになっている。

【0026】X軸磁気センサ31は、図4（A）に示したように、携帯電話機10に搭載された状態において外部磁界（加わる磁界）HのX軸成分に比例する値を出力するようになっている。同様に、Y軸磁気センサ32は、図4（B）に示したように、携帯電話機10に搭載された状態において外部磁界HのY軸成分に比例する値を出力するようになっている。即ち、X軸磁気センサ31とY軸磁気センサ32は、所定方向における磁界の大きさに比例する値を出力する互いに同一の構成を備え、前記磁気センサ30の単一基板上において前記所定方向（磁界の検出方向）が互いに直交するように配置・形成され、磁気センサ30は、X軸磁気センサ31及びY軸磁気センサ32が携帯電話機10の本体11のX軸及びY軸に平行な方向の磁界の大きさに比例した値を

それぞれ出力するように、同携帯電話機10に搭載されている。

【0027】ここで、X軸磁気センサ31を代表例として、その構成について詳細に説明する。X軸磁気センサ31は、等価回路図である図5に示したように、フルブリッジ回路を構成するように接続された第1～第4磁気トンネル効果素子（素子群）31a、31b、31c、31dを備えている。

【0028】第1～第4磁気トンネル効果素子31a、31b、31c、31dの各々は、互いに同一の構造を有している。従って、以下、第1磁気トンネル効果素子31aの構造を代表例として説明する。

【0029】第1磁気トンネル効果素子（群）31aは、拡大平面図である図6に示したように、直列接続された複数の（この例では、20個）の磁気トンネル効果素子からなっている。各磁気トンネル効果素子は、図6の1-1線に沿った平面にて切断した部分断面図である図7に示したように、基板30aの上に平面形状を長方形にした複数の下部電極31a1を備えている。下部電極31a1は、横方向（X軸方向）に所定の間隔を隔てて一列に配置されており、導電性非磁性金属材料であるCr（Ta、Tiでも良い。）により膜厚30nm程度に形成されている。各下部電極31a1の上には、同下部電極31a1と同一平面形状に形成され、PtMnからなり膜厚30nm程度の反強磁性膜31a2がそれぞれ積層されている。

【0030】各反強磁性膜31a2の上には、膜厚10nm程度のNiFeからなる一対の強磁性膜31a3、31a3が間隔を隔てて積層されている。この強磁性膜31a3、31a3は、平面視において長方形を有し、各長辺が平行に対向されるように配置されている。この強磁性膜31a3、31a3は、反強磁性膜31a2により、図6の部分平面図である図8の矢印方向（X軸正方向、即ち短辺方向）に磁化の向きがピンされたピン層を構成している。

【0031】各強磁性膜31a3の上には、同強磁性膜31a3と同一平面形状を有する絶縁層31a4が形成されている。この絶縁層31a4は、絶縁材料である $\text{Al}_2\text{O}_3$ （Al-O）からなり、その膜厚は1nmである。

【0032】絶縁層31a4の上には、同絶縁層31a4と同一平面形状を有し、膜厚40nm程度のNiFeからなる強磁性膜31a5が形成されている。この強磁性膜31a5は、その磁化の向きが外部磁界の向きに略一致するように変化する自由層（自由磁化層、又はフリー層）を構成し、前記強磁性膜31a3からなるピン層と前記絶縁層31a4とともに磁気トンネル接合構造を形成している。このように、各一つの反強磁性膜31a2、強磁性膜31a3、絶縁層31a4、及び強磁性膜31a5により、一つの磁気トンネル効果素子（電極



等を除く)が構成される。

【0033】各強磁性膜31a5の上には、同各強磁性膜31a5と同一平面形状のダミー膜31a6がそれぞれ形成されている。このダミー膜31a6は、膜厚40nm程度のTa膜からなる導電性非磁性金属材料により構成されている。

【0034】基板30a、下部電極31a1、反強磁性膜31a2、強磁性膜31a3、絶縁層31a4、強磁性膜31a5、及びダミー膜31a6を覆う領域には、複数の下部電極31a1及び反強磁性膜31a2をそれぞれ絶縁分離するとともに、各反強磁性膜31a2上に設けた一对の強磁性膜31a3、絶縁層31a4、強磁性膜31a5、及びダミー膜31a6をそれぞれ絶縁分離するための層間絶縁層31a7が設けられている。層間絶縁層31a7はSiO<sub>2</sub>からなり、その膜厚は250nm程度である。

【0035】この層間絶縁層31a7には、各ダミー膜31a6上にてコンタクトホールCHがそれぞれ形成されている。このコンタクトホールCHを埋設するとともに、異なる下部電極31a1(及び反強磁性膜31a2)上に設けた一对のダミー膜31a6、31a6の各一方間を互いに電気的に接続するように、例えば膜厚300nmのAlからなる上部電極31a8、31a8がそれぞれ形成されている。このように、下部電極31a1及び反強磁性膜31a2と、上部電極31a8とにより、隣り合う一对の各強磁性膜31a5、31a5(各ダミー膜31a6、31a6)と各反強磁性膜31a2、31a2とをそれぞれ交互に順次電気的に接続することで、固着層のピンされた磁化の向きが同一であって、且つ、磁気トンネル接合構造を有する素子が20個だけ直列に接続された磁気トンネル効果素子(群)31aが形成される。なお、上部電極31a8、31a8の上には図示を省略したSiO<sub>2</sub>及びSiNからなる保護膜が形成されている。

【0036】このように形成された第1磁気トンネル効果素子(群)31aの抵抗R1は、図9に示したように、固着層のピンされた磁化の向きに沿って大きさが変化する外部磁界Hに対し、同外部磁界Hの絶対値が小さい範囲(即ち、飽和磁界-H<sub>c</sub>〜H<sub>c</sub>の範囲)において比例的に変化する。即ち、抵抗R1は下記数1で表される。

【0037】

$$【数1】R1 = -(\Delta R/H_c) \cdot H + R_0$$

【0038】X軸磁気センサ31は、このような磁気トンネル効果素子を4個備え、各磁気トンネル効果素子31a〜31dの固着層のピンされた磁化の向きを図5において矢印にて示した向きに一致するように配置・形成してなる。即ち、第1、第4磁気トンネル効果素子31a、31dの固着層のピンされた磁化の向きはX軸正方向、第2、第3磁気トンネル効果素子31b、31cの

固着層のピンされた磁化の向きはX軸負方向である。従って、第1、第4磁気トンネル効果素子31a、31dの抵抗R1は上記数1に示した通り変化し、第2、第3磁気トンネル効果素子31b、31cの抵抗R2は、下記数2にて表される。

【0039】

$$【数2】R2 = (\Delta R/H_c) \cdot H + R_0$$

【0040】そして、X軸磁気センサ31においては、第1磁気トンネル効果素子31aの一端と第2磁気トンネル効果素子31bの一端とが接続され、同第1磁気トンネル効果素子31aの他端と同第2磁気トンネル効果素子31bの他端とが直流定電圧回路34bの正極と負極とにそれぞれ接続される。同様に、第3磁気トンネル効果素子31cの一端と第4磁気トンネル効果素子31dの一端とが接続され、同第3磁気トンネル効果素子31cの他端と同第4磁気トンネル効果素子31dの他端とが直流定電圧回路34bの正極と負極とにそれぞれ接続される。また、第1磁気トンネル効果素子31aと第2磁気トンネル効果素子31bとの接続点の電位と、第3磁気トンネル効果素子31cと第4磁気トンネル効果素子31dとの接続点の電位が取り出され、これらの接続点の電位差が磁気センサの出力V<sub>out</sub>となるように前記ADコンバータ34aに接続されている。

【0041】このような構成により、X軸磁気センサ31は、X軸方向の外部磁界H<sub>x</sub>(外部磁界HのX軸成分H<sub>x</sub>)を検出する磁気センサとなり、下記数3に示す出力V<sub>out</sub>(=S<sub>x</sub>)を発生する。ここで、V<sub>in</sub>は直流定電圧回路34bの発生する電圧である。

【0042】

$$【数3】S_x = V_{in} \cdot (\Delta R/R_0) \cdot (H_x/H_c)$$

【0043】また、Y軸磁気センサ32は、前述したようにX軸磁気センサ31と同一構成を有し、図10に示したようにX軸磁気センサ32と直交する向きに配置されるので、Y軸方向の外部磁界H<sub>y</sub>(外部磁界HのY軸成分H<sub>y</sub>)を検出する磁気センサとなり、下記数4に示す出力V<sub>out</sub>(=S<sub>y</sub>)を発生する。

【0044】

$$【数4】S_y = V_{in} \cdot (\Delta R/R_0) \cdot (H_y/H_c)$$

【0045】温度センサ33は、バンドギャップリファレンス回路である。この回路は、周知のバイアス回路であり、一例として図11に示したように、温度依存性のない電流源Iと、4個のトランジスタQ1〜Q4、及び3個の抵抗R10〜R30からなっている。これらの要素の接続関係について述べると、電流源Iは電圧源V<sub>cc</sub>とトランジスタQ1のコレクタ間に接続されている。トランジスタQ1のエミッタは接地され、ベースは抵抗R10の一端とトランジスタQ2のコレクタとの接続点に接続されている。トランジスタQ2のエミッタは抵抗R20を介して接地され、ベースはダイオード接続されたトランジスタQ3のベース及びコレクタに接続されている。ト



ランジスタQ3のエミッタは接地され、コレクタ及びベースは抵抗R30を介して抵抗R10の他端及びトランジスタQ4のエミッタに接続されている。トランジスタQ4のベースはトランジスタQ1のコレクタに接続され、コレクタは電圧源Vccに接続されている。なお、電圧源Vccは、制御回路34内に含まれている。

【0046】この回路においては、トランジスタQ3とトランジスタQ2のエミッタ面積比が「1」より大きい所定の値Nに設定されている。このようなバンドギャップリファレンス回路の出力電圧Vbgは、下記の数5により示される。なお、数5において、 $V_{BE_{Q3}}$ はトランジスタQ3のベース・エミッタ電圧、 $V_T$ は熱電圧、R100は抵抗R10の抵抗値、及びR200は抵抗R20の抵抗値である。

【0047】

【数5】  $V_{bg} = V_{BE_{Q3}} + V_T \cdot \ln(N) \cdot R_{100} / R_{200}$

【0048】上記数5において、 $V_{BE_{Q3}}$ は負の温度特性 ( $-2\text{ mV/K}$ ) を有し、 $V_T$ は正の温度特性 ( $0.085\text{ mV/K}$ ) を有することが知られている。従って、数5から明らかなように、抵抗値R100、及び抵抗値R200を適切に選ぶことにより、出力Vbgの温度依存性を無くすることができる。本例では、この特性を利用し、出力Vbgの温度依存性を無くすように抵抗値R100、及び抵抗値R200が選択され、抵抗R30の両端電圧 ( $V_{bg} - V_{BE_{Q3}}$ ) を取り出してADコンバータ34aに接続することで、温度センサ33として機能するようになっている。

【0049】次に、このように構成された携帯電話機10の方位測定方法について、磁気センサ30に加わる外部磁界Hが地磁気のみであるとして説明する。ここで、携帯電話機10の方位とは、携帯電話機10の本体11の前面が略水平であって、且つ同前面が上方に向けられている場合において、同携帯電話機10の下部（例えば、マイクロフォン部16）から上部（例えば、スピーカ部13）に向うベクトル、即ちY軸正方向に向うベクトルの方位のことである。なお、本明細書において、方位aの基準 ( $0^\circ$ ) は西であり、同方位aは、北、東、及び南の順に回転するにつれて、それぞれ  $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、及び  $270^\circ$  となるものとして定義される。

【0050】ところで、地磁気は南から北に向う磁界である。従って、携帯電話機10の本体11の前面が略水平であり、同前面が上方に向けられている場合、磁気センサ30のX軸磁気センサ31、及びY軸磁気センサ32の出力は、図12に示したように、同携帯電話機10の方位aに対して余弦波状、及び正弦波状にそれぞれ変化する。なお、図12のセンサ出力Sx、Syは規格化されている。規格化とは、X軸磁気センサ31の実際の出力Sxを、携帯電話機10の本体11の前面が略水平であり同前面が上方に向けられた状態で  $360^\circ$  回転した場合における出力Sxの最大値と最小値の差の半分で

除した値を規格化後出力Sxとすることであり、同様に、Y軸磁気センサ32の実際の出力Syを、携帯電話機10の本体11の前面が略水平であり同前面が上方に向けられた状態で  $360^\circ$  回転した場合における出力Syの最大値と最小値の差の半分で除した値を規格化後出力Syとすることである。

【0051】以上のことから、携帯電話機10の方位aは以下の①～④に場合分けして求めることができる。

【0052】①  $S_x > 0$  且つ  $|S_x| > |S_y|$  ならば  $a = \tan^{-1}(S_y/S_x)$

②  $S_x < 0$  且つ  $|S_x| > |S_y|$  ならば  $a = 180^\circ + \tan^{-1}(S_y/S_x)$

③  $S_y > 0$  且つ  $|S_x| < |S_y|$  ならば  $a = 90^\circ - \tan^{-1}(S_x/S_y)$

④  $S_y < 0$  且つ  $|S_x| < |S_y|$  ならば  $a = 270^\circ - \tan^{-1}(S_x/S_y)$

【0053】ただし、上記①～④の何れかにより求められた方位aが負の場合は、同方位aに  $360^\circ$  を加えた値を方位aとする。また、求められた方位aが  $360^\circ$  以上であれば、同方位aから  $360^\circ$  を減じた値を方位aとする。

【0054】一方、上記携帯電話機10内には、スピーカ13aに代表されるように多くの永久磁石部品が含まれ、これらの部品から漏洩磁界が発生している。図13(A)～(C)は、携帯電話機10内に含まれる永久磁石部品による漏洩磁界の温度特性を示すグラフである。図13(A)～(C)によれば、永久磁石部品による漏洩磁界は温度に略比例して変化していることが理解される。換言すると、携帯電話機10内の所定箇所に配置された磁気センサ30には、これらの永久磁石部品により、略同一の向きであって同永久磁石部品の温度に略比例した大きさを有する漏洩磁界（地磁気以外による外部磁界）が加わっている。

【0055】この結果、X軸磁気センサ31の出力は、図14に示したように、漏洩磁界に応じたオフセット量OFxだけシフト（平行移動）する。同様に、Y軸磁気センサ32の出力は、図15に示したように、漏洩磁界に応じたオフセット量OFyだけシフトする。また、前述したように、漏洩磁界は永久磁石部品の温度に略比例して変化することから、オフセット量OFx、OFyも同永久磁石部品の温度に略比例して変化する。このオフセット量OFx、OFyは、永久磁石部品からの磁界による磁気センサ30の出力に含まれる影響分と称呼することができる。

【0056】図16は、携帯電話機10の前面を略水平で且つ上方に向けた状態とし、同携帯電話機10の方位が所定の（任意の）方位となるように配置した場合であって、磁気センサ30に加わる地磁気TH0と永久磁石部品からの漏洩磁界LHと、その状態から同携帯電話機10の方位のみを  $180^\circ$  異ならせしめた場合に同磁気

センサ30に加わる地磁気TH180と永久磁石部品からの漏洩磁界LHを、同磁気センサ30を基準として示したベクトル図である。図16から理解されるように、永久磁石部品からの漏洩磁界LHは、携帯電話機10の方位に拘らず、同一の向きで同一の大きさをもって磁気センサ30に加わる。これに対し、地磁気は、携帯電話機10が180°回転されることにより、同じ大きさで反対の向きをもって磁気センサ30に加わる。このことから、携帯電話機10の方位が任意の方位 $\theta$ であるときのX軸磁気センサ31の出力をS1x、同携帯電話機10の方位が180°異なる場合（即ち、方位が $\theta+180^\circ$ である場合）の同X軸磁気センサ31の出力をS2xとすると、同X軸磁気センサ31のオフセット量OFxは、下記数6により求めることができる。

【0057】

$$\text{【数6】 } OFx = (S1x + S2x) / 2$$

【0058】同様に、携帯電話機10の方位が、任意の方位 $\theta$ であるときのY軸磁気センサ32の出力をS1y、同携帯電話機10の方位が180°異なる場合（即ち、方位が $\theta+180^\circ$ である場合）の同Y軸磁気センサ32の出力をS2yとすると、同Y軸磁気センサ32のオフセット量OFyは、下記数7により求めることができる。

【0059】

$$\text{【数7】 } OFy = (S1y + S2y) / 2$$

【0060】また、これらのオフセット量OFx（OFy）は永久磁石部品の温度に比例するから、同永久磁石部品の温度が所定の温度T1、及び温度T1と異なる温度T2であるときのX軸磁気センサ31のオフセット量をそれぞれOF1x、及びOF2xとすると、任意の温度Tにおける同X軸磁気センサ31のオフセット量OFxは、下記数8により表される。

【0061】

$$\text{【数8】 } OFx = (OF2x - OF1x) \cdot (T - T1) / (T2 - T1) + OF1x$$

【0062】同様に、永久磁石部品の温度が前記温度T1、及び前記温度T2であるときのY軸磁気センサ32のオフセット量をそれぞれOF1y、及びOF2yとすると、任意の温度Tにおける同Y軸磁気センサ32のオフセット量OFyは、下記数9により表される。

【0063】

$$\text{【数9】 } OFy = (OF2y - OF1y) \cdot (T - T1) / (T2 - T1) + OF1y$$

【0064】従って、本例においては、このようにしてオフセット量OFx、OFyを求め、実際のセンサ出力Sx、Syから同オフセット量OFx、OFyをそれぞれ減じる補正を行って、補正後のセンサ出力Sx、Syを求め、この補正後のセンサ出力Sx、Syと上記①～④の場合分けされた方位計算方法とに基づいて方位aを求める。これにより、永久磁石部品の漏洩磁界の影響を受

けることなく、方位aを精度良く決定することができる。以上が、携帯電話機10の方位決定方法の原理である。

【0065】次に、上述した原理に基づいて携帯電話機10のCPU21が同携帯電話機10の方位を実際に求める際の作動について図17～図20を参照しながら説明する。図17～図20は、CPU21が所定時間の経過毎に実行するプログラム（ルーチン）を示すフローチャートである。

【0066】先ず、携帯電話機10のユーザが同携帯電話機10を購入し、その使用を開始する場合から説明する。携帯電話機10の電源が投入されると、CPU21は所定のタイミングにて図17の初期化促進表示ルーチン（このルーチンは、初期化促進手段の機能を達成する。）の処理をステップ1700から開始し、ステップ1705に進んで第1初期化フラグF1が「0」であるか否かを判定する。この第1初期化フラグF1の値は、携帯電話機10の製造直後において実行される図示しない初期化ルーチンにより「0」に設定されている。このため、CPU21はステップ1705にて「Yes」と判定してステップ1710に進み、同ステップ1710にて携帯電話機10のユーザに対し初期化操作を促すメッセージ（初期化促進メッセージ）を液晶表示パネル14aに表示し、その後ステップ1795に進んで本ルーチンを一旦終了する。この表示される初期化促進メッセージは、初期化のために複数の押しボタン15aのうちの特定のボタンであるオフセットデータ取得ボタンを押し、同ボタンを「オン」状態にすることを促す文章を含んでいる。

【0067】一方、CPU21は、所定のタイミングにて図18のオフセット取得ルーチンをステップ1800から開始し、ステップ1805に進んでオフセットデータ取得ボタンの状態が「オフ」状態から「オン」状態に変化したか否かを判定し、同ボタンが「オフ」状態から「オン」状態に変化していなければステップ1805にて「No」と判定してステップ1895に進む処理を繰り返して実行している。

【0068】従って、ユーザが液晶表示パネル14aに表示された初期化促進メッセージに応じ、オフセットデータ取得ボタンの状態を「オフ」状態から「オン」状態に変更すると、CPU21はステップ1805にて「Yes」と判定してステップ1810に進み、同ステップ1810にて「第1操作方法」についての説明文章を液晶表示パネル14aに表示する。第1操作方法の説明文章は、携帯電話機10の本体11の前面を上方に向けて机の上に置き（即ち、前面を略水平として上方に向け）、その状態にて複数の押しボタン15aのうちの特定のボタンであるオフセットボタンを押して同ボタンを「オン」状態とすることを促すメッセージを含んでいる。次いで、CPU21はステップ1815に進み、同ステッ

プ1815にてオフセットボタンが「オフ」状態から「オン」状態に変化したか否かをモニタする。

【0069】このとき、ユーザが上記第1操作方法の説明文章に従ってオフセットボタンを「オフ」状態から「オン」状態に変更すると、CPU21はステップ1815にて「Yes」と判定してステップ1820に進み、その時点のX軸磁気センサ31の出力 $S_x$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ より大きいかな否か、又はY軸磁気センサ32の出力 $S_y$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ より大きいかな否かを判定する。このとき、X軸磁気センサ31の出力 $S_x$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ より大きいかな否か、又はY軸磁気センサ32の出力 $S_y$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ より大きいと、CPU21はステップ1820にて「Yes」と判定してステップ1825に進み、同ステップ1825にて初期化に失敗した旨の警告メッセージを液晶表示パネル14aに表示し、ステップ1895に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0070】また、ステップ1820の実行時において、X軸磁気センサ31の出力 $S_x$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ 以下であって、且つ、Y軸磁気センサ32の出力 $S_y$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ 以下であれば、CPU21は同ステップ1820にて「No」と判定してステップ1830に進み、同ステップ1830にてX軸磁気センサ31の出力 $S_x$ を第1 X軸センサ出力 $S_{1x}$ 、Y軸磁気センサ32の出力 $S_y$ を第1 Y軸センサ出力 $S_{1y}$ として記憶する。

【0071】次いで、CPU21はステップ1835に進み、同ステップ1835にて「第2操作方法」についての説明文章を液晶表示パネル14aに表示する。第2操作方法の説明文章は、携帯電話機10の前面を上方に向けた状態で同携帯電話機10を机上で（即ち、水平面内で）180°回転させてからオフセットボタンを再び押し、同ボタンを「オン」状態とすることを促すメッセージを含んでいる。次いで、CPU21はステップ1840に進み、同ステップ1840にてオフセットボタンが「オフ」状態から「オン」状態に変化したか否かを再びモニタする。

【0072】そして、ユーザが第2の操作方法の説明文章に従って携帯電話機10を180°回転した後にオフセットボタンを「オフ」状態から「オン」状態に変更すると、CPU21はステップ1840にて「Yes」と判定してステップ1845に進み、同ステップ1845にてその時点のX軸磁気センサ31の出力 $S_x$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ より大きいかな否か、又はY軸磁気センサ32の出力 $S_y$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ より大きいかな否かを判定する。このとき、X軸磁気センサ31の出力 $S_x$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ より大きいかな否か、又はY軸磁気センサ32の出力 $S_y$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ より大きいと、CPU21は

ステップ1845にて「Yes」と判定してステップ1825に進み、同ステップ1825にて初期化に失敗した旨の警告表示を行い、ステップ1895に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0073】また、ステップ1845の実行時において、X軸磁気センサ31の出力 $S_x$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ 以下であって、且つ、Y軸磁気センサ32の出力 $S_y$ の絶対値が計測可能最大値 $S_{max}$ 以下であれば、CPU21は同ステップ1845にて「No」と判定してステップ1850に進み、同ステップ1850にてX軸磁気センサ31の出力 $S_x$ を第2 X軸センサ出力 $S_{2x}$ 、Y軸磁気センサ32の出力 $S_y$ を第2 Y軸センサ出力 $S_{2y}$ として記憶する。

【0074】次いで、CPU11はステップ1855に進み、第1初期化フラグ $F_1$ の値が「0」であるかな否かを判定する。この場合、第1初期化フラグ $F_1$ の値は「0」のみであるので、CPU21はステップ1855にて「Yes」と判定してステップ1860に進み、同ステップ1860にてX軸磁気センサ31の第1 X軸オフセット量 $OF_{1x}$ 、及びY軸磁気センサ32の第1 Y軸オフセット量 $OF_{1y}$ を求める。具体的には、上記第1 X軸センサ出力 $S_{1x}$ と第2 X軸センサ出力 $S_{2x}$ の和を2で除し（即ち、これらの平均値を計算し）、得られた値を第1 X軸オフセット量 $OF_{1x}$ とし、上記第1 Y軸センサ出力 $S_{1y}$ と第2 Y軸センサ出力 $S_{2y}$ の和を2で除し、得られた値を第1 Y軸オフセット量 $OF_{1y}$ とする。第1 X軸オフセット量 $OF_{1x}$ 、及び第1 Y軸オフセット量 $OF_{1y}$ は、不揮発性RAM24に記憶される。

【0075】次いで、CPU21はステップ1865に進み、同ステップ1865にてその時点の温度センサ33の示す温度 $Temp$ を読み込んで第1温度 $T_1$ として不揮発性RAM24に記憶し、続くステップ1870にて第1初期化フラグ $F_1$ の値を「1」に設定した後、ステップ1895に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0076】この状態で、CPU21が図17の初期化促進表示ルーチンの処理をステップ1700から開始してステップ1705に進むと、この場合、第1初期化フラグ $F_1$ の値は「1」に設定されているので、同CPU21はステップ1705にて「No」と判定してステップ1715に進み、同ステップ1715にて第2初期化フラグ $F_2$ の値が「0」かな否かを判定する。この第2初期化フラグ $F_2$ の値も、前述の初期化ルーチンにより「0」に設定されている。従って、CPU21はステップ1715にて「Yes」と判定してステップ1720に進み、同ステップ1720にて温度センサ33の示す温度 $Temp$ を読み込んで現在温度（現時点の温度） $T_c$ として記憶し、続くステップ1725にて前記第1温度 $T_1$ と前記現在温度 $T_c$ との差の絶対値が所定温度（閾値温度） $T_{th}$ より大きいかな否かを判定する。現時

点は、前記第1温度 $T_1$ を取得した直後であるから、同第1温度 $T_1$ と前記現在温度 $T_c$ との差の絶対値は閾値温度 $T_{th}$ より小さい。従って、CPU21はステップ1725にて「No」と判定してステップ1795に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0077】このような処理は、第1温度 $T_1$ と現在温度 $T_c$ との差の絶対値が閾値温度 $T_{th}$ より大きくなる時点まで繰り返され、従って、その時点まで初期化促進メッセージが再び表示されることはない。

【0078】一方、CPU21は所定のタイミングになると図19に示したオフセット決定ルーチンの処理をステップ1900から開始し、続くステップ1905にて第2初期化フラグ $F_2$ の値が「0」であるか否かを判定する。この場合、第2初期化フラグ $F_2$ の値は「0」に維持されているため、CPU21はステップ1905にて「Yes」と判定してステップ1910に進み、同ステップ1910にて先に求めた第1 X軸オフセット量 $OF_1x$ 、及び第1 Y軸オフセット量 $OF_1y$ を、それぞれX軸磁気センサ31のオフセット量 $OF_x$ 、及びY軸磁気センサ32のオフセット量 $OF_y$ として設定し、その後ステップ1995にて本ルーチンを一旦終了する。

【0079】また、CPU21は図20に示した方位算出ルーチン（このルーチンは、方位決定手段を構成する。）の処理をステップ2000から開始し、続くステップ2005にてX軸磁気センサ31の出力 $S_x$ から同X軸磁気センサ31のオフセット量 $OF_x$ を減じた値を補正後のX軸磁気センサ31の出力 $S_x$ として設定し、Y軸磁気センサ32の出力 $S_y$ から同Y軸磁気センサ32のオフセット量 $OF_y$ を減じた値を補正後のY軸磁気センサ32の出力 $S_y$ として設定する。そして、CPU21はステップ2010にて上記①～④に示した各場合の何れに該当するかを判別し、その判別結果に応じてステップ2015～2030の何れかに進み、同ステップ2015～2030の各ステップ内に示した計算を行うことで方位 $a$ を算出・決定する。次いで、CPU21は、ステップ2035、2040にて、上記求めた方位 $a$ が負の値である場合には同方位 $a$ に $360^\circ$ を加えた値を最終的な方位 $a$ とし、また、上記方位 $a$ が $360^\circ$ 以上の場合には、ステップ2035、2045、2050にて同方位 $a$ から $360^\circ$ 減じた値を最終的な方位 $a$ とし、その後ステップ2095に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0080】次に、携帯電話機10の永久磁石部品の温度が上昇し、前記第1の温度 $T_1$ と前記現在温度 $T_c$ との差の絶対値が閾値温度 $T_{th}$ より大きくなった場合（第2の温度 $T_2$ になった場合）について説明する。この場合、CPU21が図17のステップ1700、1705、1715、1720に続きステップ1725に進んだとき、同ステップ1725にて「Yes」と判定してステップ1710に進み、再び初期化促進メッセージ

を液晶表示パネル14aに表示する。

【0081】これにより、ユーザがオフセットデータ取得ボタンを押圧して「オン」状態にすると、CPU21は図18のステップ1805に進んだとき、同ステップ1805にて「Yes」と判定してステップ1810以降に進み、携帯電話機10の方位が任意の方位 $\theta$ であるときのX軸磁気センサ31の出力 $S_x$ 、及びY軸磁気センサ32の出力 $S_y$ を、第1 X軸センサ出力 $S_{1x}$ 、及び第1 Y軸センサ出力 $S_{1y}$ としてそれぞれ記憶し（ステップ1830）、同携帯電話機10の方位が $\theta+180^\circ$ であるときのX軸磁気センサ31の出力 $S_x$ 、及びY軸磁気センサ32の出力 $S_y$ を、第2 X軸センサ出力 $S_{2x}$ 、及び第2 Y軸センサ出力 $S_{2y}$ としてそれぞれ記憶し（ステップ1850）、その後ステップ1855に進む。

【0082】この場合、前述したステップ1870の実行により第1初期化フラグ $F_1$ の値は「1」に設定されている。従って、CPU21は、ステップ1855にて「No」と判定してステップ1875に進み、同ステップ1875にてX軸磁気センサ31の第2 X軸オフセット量 $OF_{2x}$ 、及びY軸磁気センサ32の第2 Y軸オフセット量 $OF_{2y}$ を求める。具体的には、上記第1 X軸センサ出力 $S_{1x}$ と第2 X軸センサ出力 $S_{2x}$ の平均値を第2 X軸オフセット量 $OF_{2x}$ とし、上記第1 Y軸センサ出力 $S_{1y}$ と第2 Y軸センサ出力 $S_{2y}$ の平均値を第2 Y軸オフセット量 $OF_{2y}$ とする。第2 X軸オフセット量 $OF_{2x}$ 、及び第2 Y軸オフセット量 $OF_{2y}$ は、不揮発性RAM24に記憶される。

【0083】次いで、CPU21はステップ1880に進み、同ステップ1880にてその時点の温度 $Temp$ を温度センサ33から読み込んで第2温度 $T_2$ として不揮発性RAM24に記憶し、続くステップ1885にて第2初期化フラグ $F_2$ の値を「1」に設定した後、ステップ1895に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0084】この状態で、CPU21が図17の初期化促進表示ルーチンの処理をステップ1700から開始すると、この場合、第1、第2初期化フラグ $F_1$ 、 $F_2$ の値は共に「1」に設定されているので、同CPU21はステップ1705、1715の両ステップにて「No」と判定してステップ1795に進み、本ルーチンを一旦終了する。従って、以降において初期化促進メッセージが表示されることはない。

【0085】また、この状態において図19に示したオフセット決定ルーチンの処理が開始されると、第2初期化フラグ $F_2$ の値は「1」に変更されているので、CPU21はステップ1905にて「No」と判定してステップ1915に進み、同ステップ1915にてその時点の温度 $Temp$ を温度センサ33から読み込んで現在温度 $T_c$ として記憶する。

【0086】次いで、CPU21はステップ1920に

進み、上記原理で説明した数8に従って第1温度T1の第1X軸オフセット量OF1x、及び第2温度T2の第2X軸オフセット量OF2xを、温度に関して直線補間することで現在温度Tcに対するX軸オフセット量OFxを求め、同様にステップ1925にて上記数9に従って第1温度T1の第1Y軸オフセット量OF1y、及び第2温度T2の第2Y軸オフセット量OF2yを、温度に関して直線補間することで現在温度Tcに対するY軸オフセット量OFyを求め、その後ステップ1995に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、オフセット量OFx、OFyは、永久磁石部品からの磁界による磁気センサ出力への影響分を同永久磁石部品の温度に基づいて推定した値となる。

【0087】以降においても、CPU21は図20に示した方位算出ルーチンを実行するので、ステップ2005により、X軸磁気センサ31の出力Sxがオフセット量OFxにより補正され、Y軸磁気センサ32の出力Syがオフセット量OFyにより補正される。即ち、ステップ2005は補正手段（の一部）を構成している。そして、ステップ2010以降において上記補正後のX軸、Y軸磁気センサ31、32の出力Sx、Syにより方位aが算出（測定・決定）される。

【0088】以上、説明したように、本発明による携帯電話機10は、永久磁石部品からの磁界が磁気センサ出力に及ぼす影響分を、同永久磁石部品の温度に応じてオフセット量OFx、OFyとして推定するとともに、推定したオフセット量OFx、OFyで磁気センサ出力を補正し、補正後の磁気センサ出力に基づいて方位を測定するから、同方位の測定精度を格段に向上することができる。また、適切なタイミング（前記第1の温度T1と前記第2の温度T2になった場合）にユーザに対し初期化操作を促すので、同ユーザは無駄な初期化操作の実行を回避することができる。また、第1の温度と第2の温度T2の差は閾値温度Tthより大きいので、各温度で求めたオフセット量に含まれる推定誤差の影響が、これらのオフセット量の直線補間等により求められる現在の温度Tcでのオフセット量に現われ難いので、この点においても方位の測定精度を向上することができる。更に、磁気センサ30は、単一の基板上にX軸、Y軸磁気センサ31、32、温度センサ33、制御回路34を備えているので、永久磁石部品を有する携帯電話機に好適であって、小型且つ安価なものとなっている。

【0089】なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記実施形態において、X軸、Y軸磁気センサ31、32は、磁気トンネル効果素子であったが、これに代えて巨大磁気抵抗効果素子等の磁界に応じた出力を発生する磁気センサを使用してもよい。また、上記実施形態においては、初期化操作のためにオフセットボタン、及びオフセットデータ取得ボタ

ンを使用していたが、液晶表示パネル14aに表示されるメニューにこれらのボタンと同一の機能を実行するためのメニューを加え、同メニューを操作部15の特定の操作子により選択するように構成してもよい。更に、磁気センサは、X軸磁気センサ31、Y軸磁気センサ32の他に、X軸及びY軸に垂直なZ軸方向の磁界を検出するZ軸磁気センサを備えていてもよい。

【0090】また、温度センサ33としてのバンドギャップリファレンス回路は、図21に示したように構成することもできる。この場合、トランジスタTr1とトランジスタTr2のベースエミッタ電圧Vbeの差ΔVbeは下記数10で表され、従って、出力Vbgは下記数11のように、VbeとVTの定数K1倍で表すことができる。定数K1は下記数12の通りである。また、VT=KT/qであり、A1、A2は、それぞれトランジスタTr1、Tr2のエミッタ面積であり、Vbe(Q1)はトランジスタTr1のベースエミッタ電圧である。

【0091】

【数10】

$$\Delta V_{be} = V_T \times \ln \left( \frac{I_{c1}}{I_{c2}} \cdot \frac{A_2}{A_1} \right)$$

【0092】

【数11】

$$V_{bg} = V_{be}(Q_1) + K1 \times V_T$$

【0093】

【数12】

$$K1 = \left( \frac{R_3}{R_2} \right) \times \ln \left( \frac{I_{c1}}{I_{c2}} \cdot \frac{A_2}{A_1} \right)$$

【0094】従って、K1を適切に選ぶことで、Vbgの温度依存性を無くしておき、そのときの抵抗R3の両端電圧を温度センサ33の出力として取り出してADコンバータ34aに接続するように構成してもよい。このようにすると、図21の回路の温度特性を示した図22から理解されるように、2mV/°Cの温度特性を有する温度センサ33を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による磁気センサを搭載した携帯電話機の正面図である。

【図2】 図1に示した携帯電話機の電気回路構成を示すブロック図である。

【図3】 図2に示した磁気センサの平面図（素子配置図）である。

【図4】 (A)は図2に示したX軸磁気センサの外部磁界HのX軸成分に対する出力特性を、(B)は図2に示したY軸磁気検出センサの外部磁界HのY軸成分に対する出力特性を示すグラフである。

【図5】 図2に示したX軸磁気センサの等価回路図である。

【図6】 図5に示した第1磁気トンネル効果素子の概略平面図である。

【図7】 図6に示した第1磁気トンネル効果素子を図6の1-1線に沿った平面で切断した概略断面図である。

【図8】 図6に示した第1磁気トンネル効果素子の部分概略平面図である。

【図9】 図6に示した第1磁気トンネル効果素子の外部磁界に対する抵抗変化特性を示すグラフである。

【図10】 図2に示したX軸磁気センサと、Y軸磁気センサの配置関係を平面視で示すとともに、電気的接続関係をあわせて示した図である。

【図11】 図2に示した温度センサの等価回路図である。

【図12】 図2に示したX軸磁気センサ、及びY軸磁気センサの方位に対する出力を示したグラフである。

【図13】 (A)～(C)は、図1に示した携帯電話機内の異なる永久磁石部品からの磁界の温度特性を示すグラフである。

【図14】 図2に示したX軸磁気センサの地磁気に対する出力特性を示すグラフである。

【図15】 図2に示したY軸磁気センサの地磁気に対する出力特性を示すグラフである。

【図16】 図2に示した磁気センサに加わる地磁気と永久磁石部品からの漏洩磁界の関係を示したベクトル図

である。

【図17】 図2に示したCPUが実行するルーチンを示すフローチャートである。

【図18】 図2に示したCPUが実行するルーチンを示すフローチャートである。

【図19】 図2に示したCPUが実行するルーチンを示すフローチャートである。

【図20】 図2に示したCPUが実行するルーチンを示すフローチャートである。

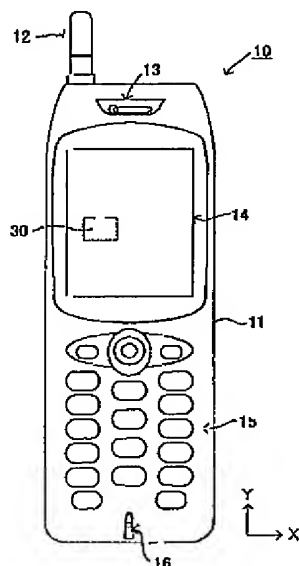
【図21】 温度センサの他の例を示す回路図である。

【図22】 図21に示した回路の温度特性を示したグラフである。

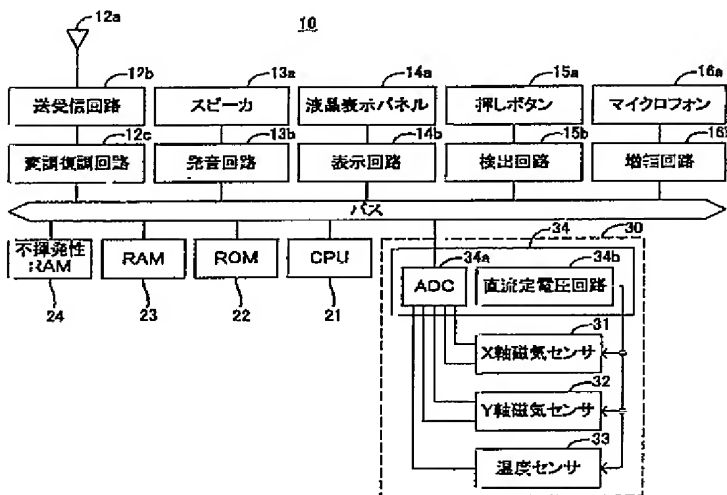
【符号の説明】

10…携帯電話機、11…本体、12…アンテナ部、12a…アンテナ、12b…送受信回路、12c…変調・復調回路、13…スピーカ部、13a…スピーカ、13b…発音回路、14…液晶表示部、14a…液晶表示パネル、14b…表示回路、15…操作部、15a…ボタン、15b…検出回路、16…マイクロフォン部、16a…マイクロフォン、16b…増幅回路、21…CPU、30…磁気センサ、30a…基板、31…X軸磁気センサ、32…Y軸磁気センサ、33…温度センサ、34…制御回路、34a…ADコンバータ、34b…直流定電圧回路、35…パッド。

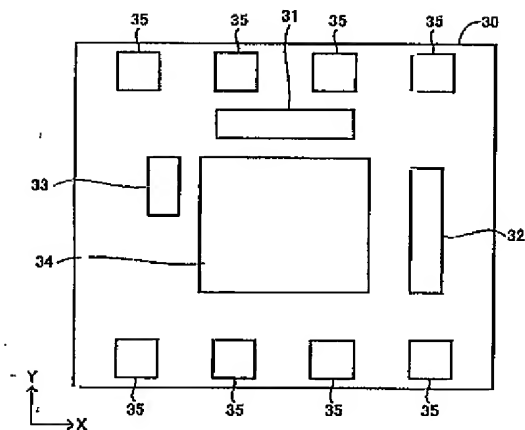
【図1】



【図2】

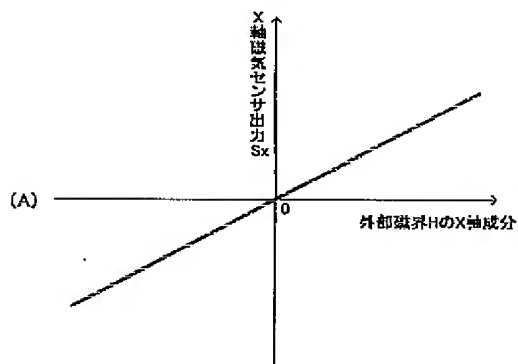


【図3】

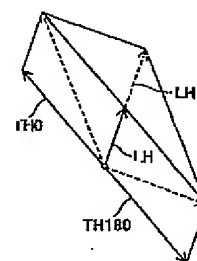


31: X軸磁気センサ  
32: Y軸磁気センサ  
33: 温度センサ  
34: 制御回路  
35: パッド

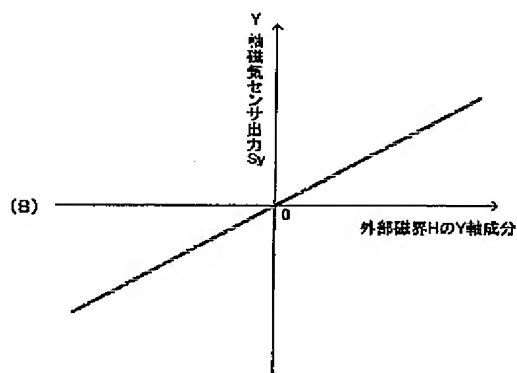
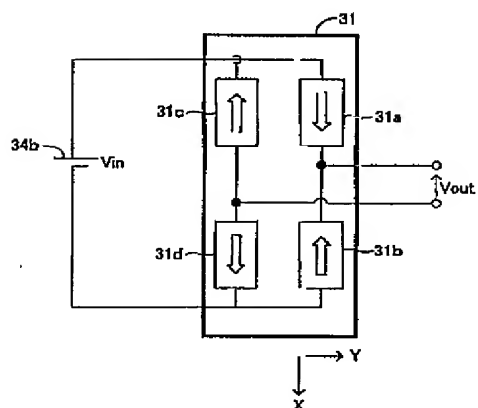
【図4】



【図16】

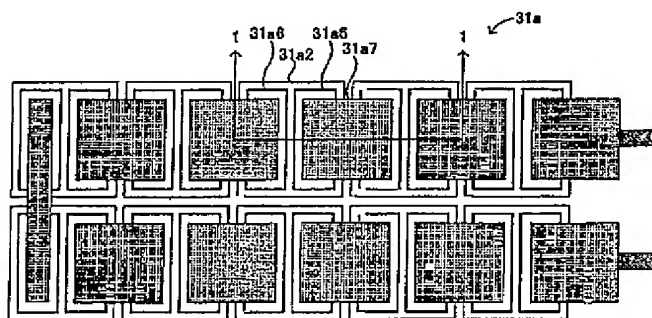
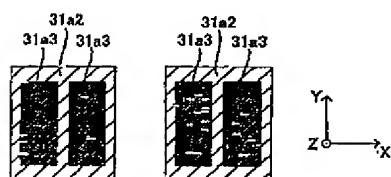


【図5】



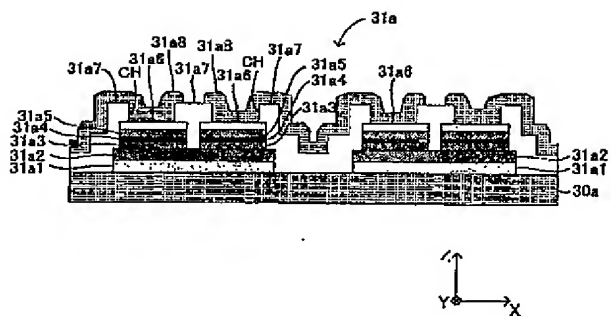
【図6】

【図8】

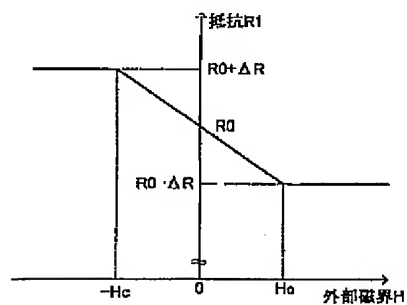




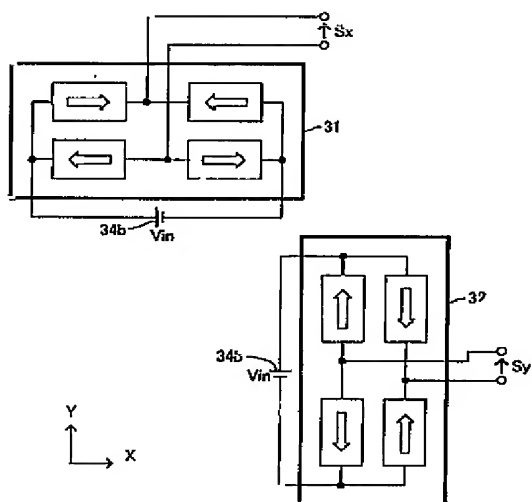
【図7】



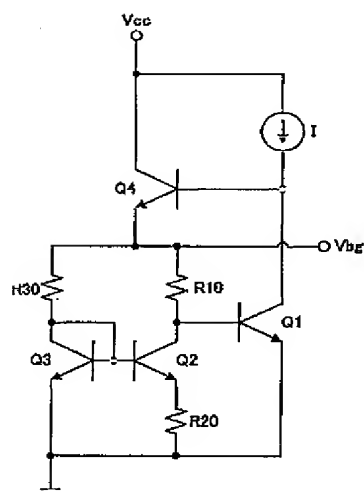
【図9】



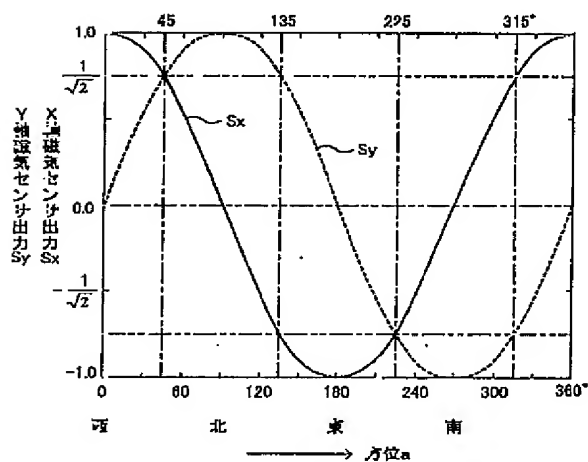
【図10】



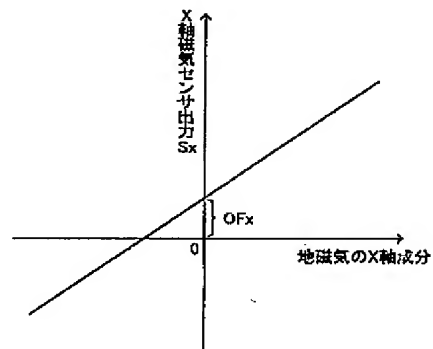
【図11】



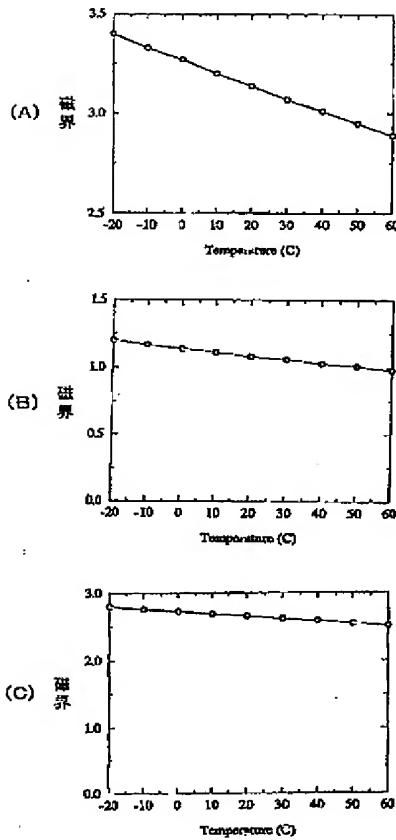
【図12】



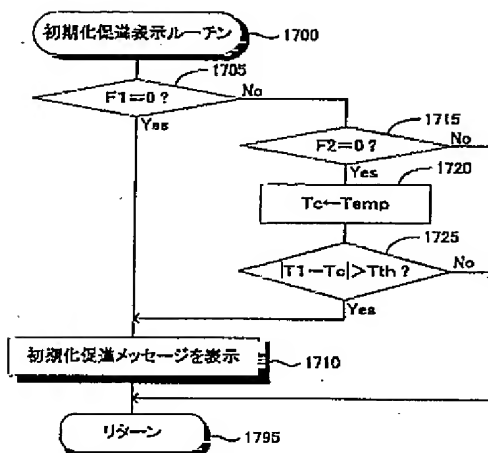
【図14】



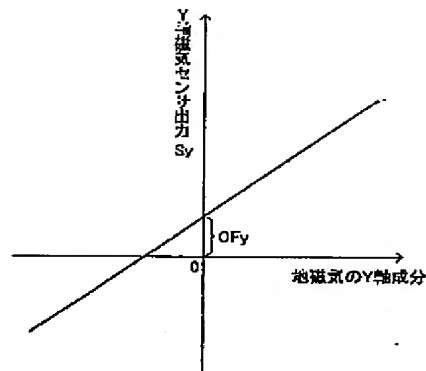
【図13】



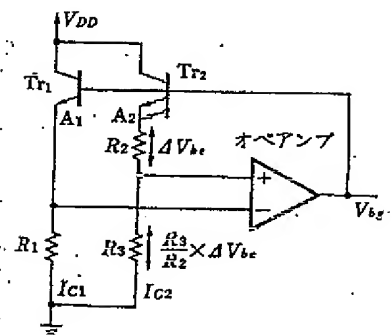
【図17】



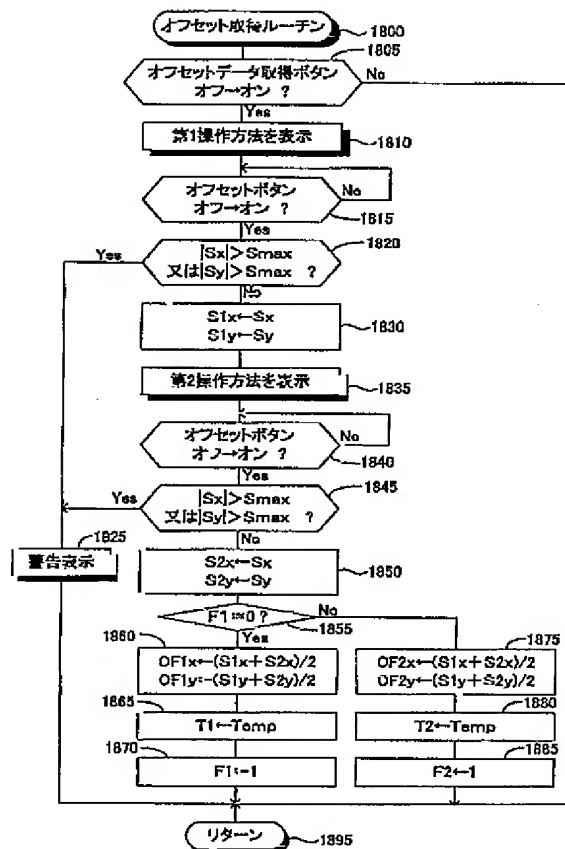
【図15】



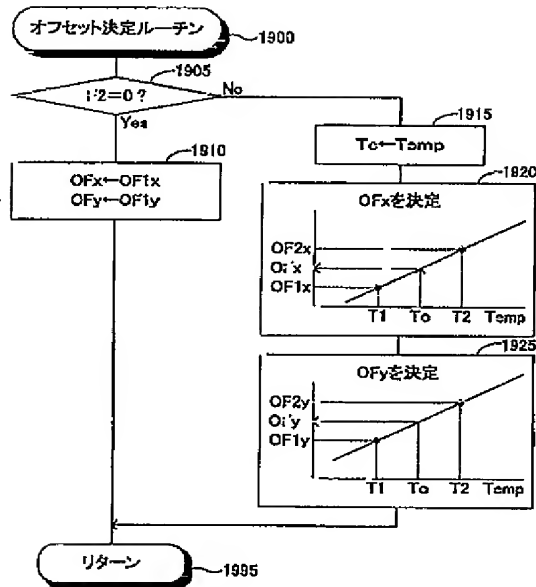
【図21】



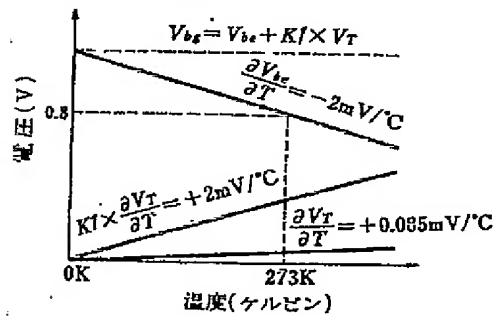
【図18】



【図19】



【図22】



【図20】

